

A talaj szervesanyagának szerepe a talaj termőképessége szempontjából*

Kevés olyan fogalmat ismerünk a talajtanban, melyről annyi — sokszor homlok-egyenest ellenkező — nézet született volna meg, mint a humusz. A csaknem egy évszázada folyó hatalmas és sokoldalú kutató munka ellenére a humusz keletkezéséről, kémiai összetételéről, valamint szerepéről még távolról sem alakult ki egységes vélemény. Sőt maga a »humusz«, vagy »televény« szó fogalma sincs pontosan tisztázva. Tágabb értelemben sokszor a talaj összes szervesanyag tartalmát értik alatta, szűkebb értelemben viszont az élő mikroorganizmusokat, a morfológiailag még meg nem változott »holt szervesanyagot« (gyökérmaradványok, avar stb.) ki szokták zárni a humusz fogalmából.

Jellemző a zűrzavarra, hogy sokan önmagával definiálják, mikor a többé-kevésbé »humifikált« növényi és állati maradványokat tekintik humusznak, viszont a »humifikációnak« azt a folyamatot nevezik, mikor a maradványok »humusszá« alakulnak.

A bizonytalanság okai módszereink tökéletlenségében keresendők. Analitikai pontosságacsak a talaj összes C tartalmát tudjuk meg határozni. Már óriási bizonytalanságot jelent, ha a C%-t beszorozzuk az ismert faktorial, (1,72), s kijelentjük, hogy az így kapott szám a talaj »humusz« tartalma. Ebben benne vannak a növényi és állati maradványok elbomlásuk közbeni termékei az élő és holt mikroflóra és mikrofauna, azok élettevékenységeinek termékei és felsorolt anyagok egymással való reakcióiból keletkező komplexumok. Vajjon melyeket lehet ezek közül humusznak, illetve nem humusz »egyébe« szervesanyagnak tekinteni? Ezt a kérdést a mai napig sem sikerült még megoldani, s főleg azért nem, mert a felsorolt anyagokat nem tudjuk egymástól elválasztani.

Mindezen módszerbeli tökéletlenségeink ellenére a gyakorlati tapasztalatok alapján minden kutató egyetért azzal, hogy a »humusz« szerepe a talaj termékenység szempontjából nagyjából két részre osztható:

I. Befolyásolja a talaj szerkezetét, és

II. Szabályozza a talaj biológiai életét, tápanyagokat, serkentő v. mérgező anyagokat

juttat a talajlakóknak és a magasabbrendű növényeknek.

Vita csak ott van, hogy vajjon a talaj szervesanyagának melyik része végzi ezeket a funkciókat, szabályozható-e, s ha igen, hogyan szabályozható-e folyamatok.

E gyakorlati kérdések megvitatása előtt azonban célszerű, ha röviden áttekintjük a humusz keletkezéséről, bomlásáról, összetételéről szóló ismertebb, újabb hipotéziseket.

A modern nézetek — szemben a régebbi pusztán kémiai magyarázatokkal — mind elismerik a mikroorganizmusok döntő szerepét a humusz kialakulásában. Azonban az előbb említett módszertani nehézségek miatt számos elmélet alakulhatott ki.

I. A kutatók egy része szerint a mikroorganizmusok által lebontott növényi és állati maradványok, a bontás, valamint az új szintézis termékeivel kondenzálódva alkotják a humuszt. E nézetben belül az egyes kutatók munkamódszere szerint számos változat alakult ki.

1. Fischer és Schrader (1921/22), Fuchs (1929/31) a módosult lignint tekintik a humusz főalkatrészeként. Tözegekből, barnaszenekekből kivont huminsav preparátumok kémiai analízisével kimutatták, hogy e készítmények aromás gyűrűkből állnak, methoxyl-tartalmuk van, s oxidatív lebontás útján hasonló termékeket kaptak, mint a lignin lebontásakor. A kémiai vizsgálatokat megerősítik a biológiai kísérletek. Kimutatták, hogy a bomlás során a növények főbb anyag-csoportjai (cellulóz, hemicellulóz, stb.) közül a lignin bomlik a legnehezebben, illetve a bomlás folyamán relatíve felszaporodik.

Springer és Scheffer szintén a növényi és állati maradványokból származtatják a humuszt. Szerintük a bomlás során specifikus átmeneti termékek (ligninsav → humoligninsav → lignohuminsav → huminsav) különböztethetők meg. Szerintük a »humifikáció« folyamán a sorban előálló vegyületcsoportok főleg tápanyagul szolgálnak a mikroorganizmusoknak, s ezért e csoportokat gyűjtőnéven »táp« humusznak, vagy másutt nem »valódi humusz«-nak, »humuszelőtermék«-nek nevezik. Viszont bizonyos körülmények között a bomlás során felhalmozódik a »valódi huminsav« ez már sokkal ellenállóbb a további lebomlásnak,

* A Mezőgazdasági Kísérletügyi Központ 1951. év január-februárjában tartott felsőkéder továbbképzőtanfolyamán elhangzott előadás.

s ezért »tartós humusznak« is nevezik. A bomlás irányát szerintük a talajtípus, illetve a klíma adja meg. Így a csernozjom-talajokban főleg a »tartós« humusz szaporodik fel míg a savanyú erdőtalajokban a »humusz-előtermékek« vannak túlsúlyban.

Hogy a bevezetőben említett zűrzavar milyen nagy, az abból is látszik, hogy már eddig is rengeteg humuszféleséget különböztethetünk meg, anélkül, hogy ezeknek pontosabb összetételét ismernénk. Hogy a továbbiakban ne okozzak félreértést, azt hiszem célszerű lesz az elnevezéseket jobban tisztázni.

Tehát:

Huminsav: A talajból lúggal v. semleges sóval kivonható sötétszínű, nagymolekulájú kolloid anyag, mely savval kicsapható.

Himetomelánsav: A huminsav alkoholban oldhatatlan része.

Humuszsav: A huminsav alkoholban oldhatatlan része.

A humuszsavat Springer kolloidikai viselkedésük alapján még két részre osztotta. A **barna humuszsav** bármilyen töménységű lúgban, míg a **szürke humuszsav** csak 0,5% lúgban oldódik, ennél töményebb lúg már kicsapja.

Fulvósav v. krénsav: A talajból lúggal kivonható anyag savas kezelés után is oldatban marad része. (Nem tévesztendő össze a Viljamsz-féle krénsavval).

Humín v. humusz szén: A talajból sem lúggal sem savval ki nem oldható sötétszínű szerves vegyületek komplexuma.

»Táp-humusz«: A humusz könnyen bomló, mikroorganizmusoknak táplálékul szolgáló része.

»Tartós« humusz: A humusz nehezen bomló, Springer szerint a jó morzsás rögszerkezetet biztosító része.

Z. G. (Zersetzungsgad), bomlási fok:

»tartós« humusz
»táp« humusz

»Szelíd«-humusz: Bázisokkal, általában Ca-al telített humusz.

»Nyers« humusz: Savanyú, főleg az erdei avar bomlásából keletkező humusz.

Végül az emlékezet felfrissítése végett Viljamsz definíciói:

Krénsav: A gombás lebomlási folyamatok hatására keletkező, az erdőtalajokból vízzel kivonható szintelen humuszféleség.

Apokrénsav: A krénsav átalakulásából származó vízdíszíthatatlan sav.

Ulmínsav: Anaerob baktériumok hatására képződő, barnaszínű vízdíszítható humusz.

Ulmín: Az ulmínsavból fagy v. hő hatására vízdíszíthatatlanná átalakult humusz.

Huminsav: Az aerob baktériumok hatására képződő vízdíszítható fekete humusz.

Humín: A humínsavból vízdíszíthatatlanná alakult humusz.

»Aktív-humusz«: A jó morzsás szerkezetet kialakító, az ásványi részeket összecementáló humusz.

E kis kitérő után térjünk vissza a lignin teóriához:

Waksman és követői tagadják, hogy az előbb ismertetett specifikus humusz vegyületek léteznének. Szerintük a humusz szétválaszthatatlan és állandóan változó keveréke a különböző stádiumban levő bomlás, ill. szintézis termékeinek. Mindazonáltal Waksman is kimutatta, hogy a lignin és a mikroorganizmusok fehérjéje áll leginkább ellent a bomlásnak és ezért a humusz magvának a lignin-protein komplexumot tekinti.

Most nem szándékozom az eddigi elméletek kritikájával részletesen foglalkozni. A lignin teóriára összefoglalóan annyit mondhatunk, hogy a kémiai vizsgálatok kétségtelenül helyesek és bárki által ellenőrizhetők, csak egy baj van, hogy maga a lignin is gyűjtőnév. Ha egy bomló anyagban felszaporodik pl. a 80%-os kén-savban nem oldható rész, az még egyáltalán nem biztos, hogy ez lignin. Sőt vannak akik azt állítják, hogy a lignin is csak kinyerése közben alakul ki.

Éppen ezért:

2. Marcusson (1925/27) Enders (1942/44) Kononova (1943/48) a cellulózból származtatják a humuszt. Enders szerint maga a lignin is cellulózból keletkezik, szerinte a cellulózból metilglüoxalon keresztül keletkezik az aromás mag. Kononova szerint a cellulóz aromatikussá vegyületekké bomlik, mely polipeptidekkel kondenzálódik.

3. Rudakov (1946/49) McCalla (1948/49) és még sokan mások a hemicellulózék, illetve fermentatív bomlásuknál keletkező poliuronidok jelentőségét hangsúlyozzák. Rudakov szerint a poliuronidok a mikroorganizmusok autolizisekor keletkező proteinekkel vegyülve szolgáltatják az »aktív« humuszt. Rudakov elméletében az az érdekes, hogy szerinte az »aktív« humusz nemcsak a növényi maradványok anaerob elbomlásánál keletkezik, hanem az élő gyökérrendszer fejlődése folyamán is. A pektinanyagok a protopektináz enzimet képző baktériumok hatására alakulnak át uronoproteiddé.

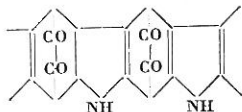
II. Az eddigi kutatók véleménye — kik a növényi és állati maradványok termékeit tekintik a humusznak, — élesen különbözik azok felfogásától, akik a mikroorganizmusokat, illetve autolízis termékeit tekintik humusznak. Ha pontosabban megvizsgáljuk a kérdést, itt tulajdonképpen a humusz fogalmának újabb szűkítéséről van szó, mert ezek a kutatók — kik részben

Viljamsz előfutárjai, mint pl. Koszticsev (1891), Truszov (1917), részben továbbfejlesztői (Gejcer, 1940—45, Misusztin 1945/46) a humusz alatt tulajdonképpen a viljámszi »aktív« humuszt értik.

Ebben az értelemben Gejcer a humuszt bakteriális szintézis termékeinek tartja. Különös figyelmet szentel a fűkeverékek rizoszférajában élő baktériumoknak, nekik tulajdonítja a fűves-vetésfő szerkezet javító hatását.

Tycpper (1950) szerint a sötét színű huminsavakat a penészek és aktinomiceták szolgáltatják. A szalma erjedését vizsgálva megállapította, hogy akkor kezdett el a bomló anyag feketedni, mikor az előbb említett mikroorganizmusok jutottak túlsúlyra. Az így kapott termékek bizonyos hasonlóságot mutatnak a talajból kinyert humuszpreparátumokkal.

Laatsch (1949/50) szerint is főleg a penészek és a kromogén aktinomiceták játszanak fontos szerepet a huminsavak kialakulásában. Szervetlen N-t tartalmazó tápoldatban a penészek kinonokat, szerves N-t (peptont) tartalmazó oldatokban pedig sötét színű melaninszerű humuszanyagokat szolgáltattak. A melaninok összetétele a ligninhez hasonlóan még vitás. Annyi biztos, hogy kinonokból és indolszármazékokból eukolloidná polimerizált anyagcsoporttal van dolgunk. Horner pl. o-tetra-klorexinonból és aethylinolból állított elő melanint.



A természetben az indol csoportot valószínűleg a triptofán szolgáltatja.

Platho (1951) penészeket, aktinomicetákat és baktériumokat tenyésztett különféle összetételű tápoldatokban. Abban az esetben, ha a mikroorganizmusok életműködése folyamán a tápoldat pH-ja 7 fölé emelkedett, sötét színű, lúgban oldódó, savval kicsapódó anyagokat kapott, melyek aromás karakterűeknek bizonyultak.

Ezek a kísérletek alátámasztják Viljamsz elméletét, mert hisz minden növényi anyag (tehát pl. lignin) nélkül is pusztán a mikroorganizmusok szolgáltattak a ligninhez hasonló aromás karakterű, huminsavszerű csoportokat.

Az eddig felsorolt és az idő rövidsége miatt fel nem sorolt nézetek sokban hasonlóak (részben továbbfejlesztői) Viljamsz elméletéhez. Főleg abban különböznek tőle, hogy sejtenkívüli szintézis termékének tekintik a humuszt, míg Viljamsz szerint sejten belüli szintézis eredménye. Viljamsz hangsúlyozza legelősebben, hogy a különféle növényformációk,

a velük kapcsolatos mikroorganizmusok, illetve a talajban uralkodó aerob és anaerob viszonyok szabják meg a keletkező humusztípusok tulajdonságait.

Viljamsz elméletével most az hiszem felesleges részletesebben foglalkozni, hisz az eddigi előadásokban erről bőven volt szó. Inkább térjünk rá a különböző elméletekből folyó gyakorlati következtetések megbeszélésére.

Az első sokat vitatott kérdés, hogy mi okozza a jó morzsás talajszerkezetet. Mint az elején említettük Springer és Scheffer főleg a tartós humusz fontosságát hangsúlyozzák. Nézzük meg egy kissé részletesebben milyen módszerekkel dolgoztak. A 20-as évek végéig Zechmeister, majd Karrer friss, el nem bomlott növényi anyagok oldathavítelére sikeresen használták az acetilbromidot. Viszont ezen anyagok bomlása folyamán mind több és több acetilbromidban nem oldódó anyag halmozódott fel. Springer kiterjesztette e vizsgálatokat talajokra is, és kimutatta, hogy a jó termékenységű és jó szerkezetű csernozjomok humusza sokkal több acetilbromidban oldhatatlan anyagot tartalmaz, mint pl. a rosszabb szerkezetű erdőtalajoké. Ebből azt a következtetést vonták le, hogy a jó szerkezet biztosításához az acetilbromidban nem oldódó »tartós humusz« szükséges, s célul is tűzték ki, hogy a talajba juttatandó szervesanyagban (trágya, komposzt stb.) is lehetőleg sok acetil-bromidban oldhatatlan vegyületcsoport legyen.

Ez azonban kissé elhamarkodott következtetés! Egyáltalán nem biztos, hogy az acetilbromidban való oldhatatlanság és a jó szerkezetet biztosító humusz között okozati összefüggés áll fenn. A kísérletekből számos ellentmondás derült ki. Pl. egyforma Z. G.-u szervesanyagok közel sem egyforma hatást mutattak, egyforma Z. G.-u talajok között igen nagy különbségek mutatkoztak szerkezet és termékenység szempontjából. Hazai viszonyok között pl. Dr. Teöörök László vizsgálatai szerint egy 30 éve nem trágyázott és a mellette fekvő rendszeresen istállótrágyázott parcellából vett minták Z.G.-a egyforma volt, ugyanakkor abszolút C tartalomban, és természetesen termékenységben nagy különbség volt köztük.

Ez a teória azért is veszedelmes, mert könnyen abba a tévhitbe eshetünk, hogy ha egyszer biztosítottuk a talajban a »tartós« humusz megfelelő mennyiségét, hosszú időre elvettünk minden gondot, mert hisz a »tartós« humusz igen nehezen bomlik, s soká megőrzi a jó szerkezetet. Viljamsz rámutatott arra, hogy a tartós rögszerkezet nem örökletű, s 5—6 év alatt, sőt a talaj legfelső 10 cm.-ében már egy tenyészidő alatt, egészen biztosan leromlik, ha csak nem gondoskodunk a szerkezet

megjavításáról. A viljamszi elméletből az is következik, hogy nem lehet oly élesen szétválasztani és anyagi tulajdonságnak tekinteni a »táp«- és »tartós«-humusz fogalmát. Aerob körülmények között gyorsabban bomlik a szervesanyag, tehát mint »táp«-humusz szerepel, viszont anaerob körülmények között ugyanaz a szervesanyag mint »tartós«-humusz viselkedhet. Viljamsz élesen bírálja azokat, kik »bűvös csodaszer« gyanánt kész ragasztóanyagokkal akarják a jó morzsás talajokat kialakítani. Modern kolloidikai érvekkel bizonyítja, hogy a szol állapotban a morzsákba beszívódó s ott »frissen kicsapott« humusz biztosítja leginkább a jó szerkezetet.

Természetesen a kolloid humuszon kívül még számos körülmény befolyásolja a jó szerkezet kialakulását így a gyökerek mechanikai hatása és az élő mikroorganizmusok micellái (a Sekera-Kubienaféle biológiai védőréteg). Ezekről sem itt kell részletesen beszámolnunk, mert hisz a talaj szerkezetéről már több előadás hangzott el. Meg szeretnék említeni azonban néhány kísérleti eredményt, amely bizonyos szempontból a viljamszi nézeteket erősíti meg. Rudakov, valamint Martin és Page a kísérleti talajok morzsáinak vízellenállóságát állandóan vizsgálva azt találták, hogy nem a maximális mikrobiológiai tevékenység idején, hanem 1—2 hónappal utána volt a legellenállóbb a szerkezet. Tehát nem annyira maguk a mikroorganizmusok, hanem ezeknek anyagcseretermékei, vagy exoenzimjeiből kialakult anyagok a jó szerkezet biztosítékai. Tekintve, hogy ezek a kísérletek aerob körülmények között folytak le, a szerkezet tartósságának maximuma után újból hanyatlás következett be, jelölve annak, hogy a humuszvegyületek ilyen körülmények között gyorsan el is bomlottak.

Foglalkoznunk kell végül Viljamsz, illetve dogmatikus követői azon tételével, hogy csak anaerob viszonyok között alakul ki jó talajszerkezet. Ha figyelmesen elolvassuk Viljamsz »Talajtank«-át kitűnik, hogy Viljamsz a humuszzegény podzoltalajok fejlődésének meggyorsítására tartja fontos rendszabálynak a növényi maradványok anaerob viszonyok közötti elbomlását. Viszont a csernozjomok degradációját éppen azzal magyarázza, hogy már annyi humusz halmozódott fel, hogy eltömődtek a morzsák közötti nem kapillaris hézagok, a talaj azáltal válik rossz szerkezetűvé, hogy túlságosan sok benne a humusz. Ilyen állapotban vannak pl. a mi erősen agyagos réti talajaink (réti agyagok). Itt világos, hogy nem a humusztartalom további növelése, azaz nem az anaerob, hanem az aerob viszonyok elősegítése a cél. A késő őszi mélyszántás kérdéséről egyébként, mint Lisenkó bírálatából tudjuk — a Szovjetunióban is élénk vita folyik. Nem-

csak az őszi búza vetésterület növelésének szükségessége miatt kritizálják a dogmatikus Viljamsz követőket, hanem megállapították, hogy nemcsak a füveshere beszántásakor és anaerob elbomlásakor, hanem — mint azt előbb Rudakov kísérleteivel kapcsolatban is említettem, — már az élő füveshere alatt is, képződik a jó szerkezet. A nyárvégi szántástól az őszi anaerob viszonyok beállásáig eltelt idő alatt a füveshere rizoszférajában képződött humuszvegyületek még nem bomolnak el oly gyorsan, ahogy azt Viljamsz gondolta.

A jó talajszerkezetet biztosító szerepén kívül a humusznak egy másik igen fontos feladata a növényi táplálkozás harmonikus és egyenletes biztosítása. Ez a téma szorosan kapcsolódik a trágyázás és a növényi anyagcsere problémáival, s nem az én feladatomban ezeknek részletes tárgyalása. Rá szeretnék mutatni azonban arra, hogy több figyelmet kell szentelnünk a szervesanyagokból való táplálkozás problémájára, mint eddig tettük.

Valóban mechanisztikus és merev álláspontnak tekinthető az a régi nézet, hogy a növény gyökere savakat bocsát ki magából és e savak tájrák fel az ásványi sókat a növények számára. Persze e folyamatok nem tagadhatók de emellett nagy jelentőséget kell tulajdonítani a mikotrof és bakteriotrof táplálkozásnak. Viljamsz szerint a földkerekség flórájának 90%-ban megtaláljuk a szinbiotikus folyamatokat.

Érdekes és kevésbé ismert probléma a műtrágyák biológiai lektődése is. Eddig főleg anorganikus folyamatokkal (pl. vasfoszfát képződése stb.) magyaráztuk e jelenségeket. Pedig több mint valószínű, hogy a biológiai okok és humusz viszonyok is közrejátszanak. E kérdésről még elég keveset tudunk, Tyurin és Kraszilnyikovnak (1944/46) van néhány rövidebb közleménye e kérdésről.

Érdekes megfigyelés, hogy a *P* esetében épúgy lehet pentozánhatásról beszélni, mint a *N* esetében. Ha a bomló szerves vegyületek 0,3%-nál kevesebb P_2O_5 -t tartalmaznak, a mikroorganizmusok a fejlődésükhöz szükséges *P*-t a talaj foszfortartalmából, illetőleg az adagolt szuperfoszfátból vonják el s így átmenetileg, hasonlóan a *N*-hez, foszforhiány léphet fel. Ez is lehet egyik oka a foszfortrágyák esetenkénti hatástalanságának.

*

Összefoglalva az eddigieket: Ilyen röviden távolról sem tudtam teljes képet adni a humusz szerepéről, de fő céloom az volt, hogy rámutassak arra, hogy a humuszkutatás jelenleg a forrongás állapotában van, s meg kell vizsgálnunk eddigi, a nehéz problémákat sok tekintetben kényelmi szempontokból leegyszerűsítő nézeteink helyességét.

SARKADI JÁNOS